



高Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄の機械的性質及び溶接部の組織形成に関する研究

著者	梅谷 拓郎
巻	24
発行年	2014-03-25
学位授与番号	17104甲生工第215号
URL	http://hdl.handle.net/10228/5248

氏 名	梅谷 拓郎(福岡県)			
学 位 の 種 類	博 士(工学)			
学 位 記 番 号	生工博甲第215号			
学位授与の日付	平成26年3月25日			
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当			
学 位 論 文 題 目	高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄の機械的性質及び溶接部の組織形成に関する研究			
論文審査委員会	委員長	教 授	玉川	雅章
		教 授	春山	哲也
		教 授	石黒	博
		教 授	花本	剛士
		教 授	鳥井	正史

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

球状黒鉛鋳鉄は溶融溶接を行うと溶接部に硬化組織が生じやすく、鋼と比較して著しく溶接性に劣ると言われているため、溶接が求められる用途への適用は限られている。また、球状黒鉛鋳鉄に対して、溶接熱サイクルの影響を詳細に調査した事例は少なく、球状黒鉛鋳鉄に最適な溶接方法や溶接材料に関する統一した見解は得られていないことが、球状黒鉛鋳鉄の溶接に対する信頼性が低い要因となっている。他方、欧州では、高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄の機械構造部材としての開発が進められている。しかしながら、わが国では高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄は耐熱鋳鉄としては利用されてきたが、靱性に劣るために常温の機械・構造部材としての応用は検討されていない。

そこで、本論文では高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄の機械的諸特性について検討すると共に、その溶接性についても高Siの効果、すなわち、黒鉛化作用により溶接性も改善されると判断し、溶接母材としての適用性を通常のフェライト-パーライト基地球状黒鉛鋳鉄と比較検討している。本論文は6章から構成されている。

第1章の「緒論」では、球状黒鉛鋳鉄の製造法、特性、適用領域及び球状黒鉛鋳鉄の溶接性について述べ、球状黒鉛鋳鉄の溶接に関する研究動向を整理するとともに、これらの背景を基に本研究の目的について述べている。

第2章の「高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄の強度特性」では、高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄の0.2%耐力、伸び及び高サイクル疲労強度は、強度レベルのほぼ等しいフェライト-パーライト基地球状黒鉛鋳鉄より大きくなることを述べている。また、高Siフェライト基地球状黒鉛鋳鉄の延性域のシャルピー吸収エネルギーは、同強度のフェライト-パーライト基地球状黒鉛鋳鉄より大きく、遷移温度が高いため、両材料の吸収エネルギー-遷移曲線は交差することを明らかにしている。

第3章の「溶接熱影響部の組織形成」では、溶接熱影響部の再現試験を行い、高Siフェライト基地

球状黒鉛鑄鉄のオーステナイト化は、フェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄と比較して高温域まで生じ難いが、黒鉛粒数の増加がオーステナイト化を促進することを述べている。さらに、1000° C に保持したときの、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄のオーステナイト化は、フェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄より長時間を要することを明らかにしている。また、冷却過程においては、いずれの供試材についても 800-500° C の冷却時間が増加するとともにマルテンサイトの面積率が減少すること、変態組織の形成には Si 量よりも黒鉛粒数の影響が大きいことを明らかにしている。さらに、加熱・冷却過程において、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄の硬化幅は、フェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄より狭くなることを明らかにしている。

第 4 章の「溶接ボンド部近傍の部分溶融・凝固組織形成」では、溶接ボンド部近傍の部分溶融領域の再現試験を行い、いずれの供試材も最高到達温度の上昇に伴って、共晶セル境界の黒鉛周囲から溶融が開始して拡大していくことを明らかにしている。また、凝固過程において、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄のレーデブライトの面積率は、フェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄よりも小さくなることを明らかにしている。さらに、再加熱保持過程において、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄のセメンタイトが完全に黒鉛化する保持時間は、フェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄より短時間側に移行することを明らかにしている。

第 5 章の「球状黒鉛鑄鉄アーク溶接部の静的強度特性」では、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄及びフェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄の同材及び軟鋼(SS400)とのパルス MIG 溶接を行い、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄の熱影響部及び硬化範囲は、フェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄より狭くなることを述べている。また、高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄及びフェライト・パーライト基地球状黒鉛鑄鉄を軟鋼と溶接し、その後、熱処理を行った場合には、溶接金属の結晶粒界に沿って黒鉛が析出し、これが溶接金属の引張強さ及び曲げ強さを著しく低下させることを明らかにしている。さらに、引張強度特性において、溶接したままでもいずれも継手効率 80%以上となること、熱処理を行うと高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄同士の溶接では、全て母材破断となることから、継手効率は 100%となることを明らかにしている。また、曲げ強度特性においては、溶接したままでは、いずれも母材強度比 70%以上となることを明らかにしている。

第 6 章の「総括」では、本研究で得られた結果を纏めている。

また、付録の「球状黒鉛鑄鉄への溶接技術の適用事例と今後の展望」では、第 5 章で得られた溶接方法を適用して、球状黒鉛鑄鉄同士及び球状黒鉛鑄鉄と鋼の溶接構造物を試作した結果を述べている。

以上述べたように、本論文では高 Si フェライト基地球状黒鉛鑄鉄の強度特性を明らかにすると共に、溶接熱影響部の再現試験、溶接ボンド部近傍の部分溶融ならびに凝固組織形成について明らかにしている。さらに、球状黒鉛鑄鉄アーク溶接部の静的強度特性について検討した結果を基に、球状黒鉛鑄鉄の溶接を行って実証している。これらの研究成果は、球状黒鉛鑄鉄の利用拡大に大きく貢献するものと考えられる。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に対して、論文調査員から「硬さ分布について Mg と Si で黒鉛化メカニズムは違うのか」、「引張強さの傾向が SSFDI-SSFDI と SSFDI-SS で違うのは何故か」、「変態組織の形成に黒鉛粒数影響が大きいのは何故か」等、種々の質問があったが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。また、公聴会においても、学内外から多数の出席者があり、質問がなされたが、いずれも提出者によって適切な回答がなされ、質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。